PROCEDIMIENTO DE INTERCOMPARACIÓN EN LAS MAGNITUDES DE VOLTAJE DC Y CORRIENTE DC ENTRE LOS LABORATORIOS DE PATRONAMIENTO DE EQUIPO ELÉCTRICO DE LA UNIVERSIDAD DEL VALLE Y EL LABORATORIO DE METROLOGÍA DE VARIABLES ELÉCTRICAS DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA

RESUMEN
En este artículo se describe el procedimiento diseñado, su realización y los resultados obtenidos en la intercomparación de Patrones de Referencia (FLUKE 5500 A) en las magnitudes de voltaje DC y corriente DC llevada a cabo en el año 2004 entre el Laboratorio de Patronamiento de Equipo Eléctrico de la Universidad del Valle (UNIVALLE) y el Laboratorio de Metrología – Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP). En esta intercomparación se empleó como Instrumento Viajero un Multímetro Digital FLUKE 45.

PALABRAS CLAVES: Intercomparación, Patrones de Referencia, Instrumento Viajero.

ABSTRACT
In this article there are described the designed procedure, its accomplishment and the results obtained in the Bosses' intercomparison of Reference (FLUKE 5500 A) in the magnitudes of voltage DC and current DC carried out in the year 2004 between (among) Patronamiento's Laboratory of Electrical Equipment (Team) of the University of the Valley (UNIVALLE) and Metrología's Laboratory - Changeable Electricity companies of Pereira's Technological University (UTP). In this inter-comparison there used as Travelling Instrument a Digital multimeter FLUKE 45.

KEYWORDS: *Intercomparison, Bosses of Reference, Travelling Instrument.*

LUIS GREGORIO MEZA
Profesor Departamento de Física
Jefe de Calidad /Calibración del Laboratorio de metrología - Variables eléctricas.
Universidad Tecnológica de Pereira
lgmezac@hotmail.com

LUIS ENRIQUE LLAMOSA
Profesor Departamento de Física
Director del Laboratorio de Metrología - Variables eléctricas.
Universidad Tecnológica de Pereira
lellamo@utp.edu.co

MILTON F. VILLARREAL
Ingeniero de pruebas
Laboratorio de metrología - Variables eléctricas
milfer@utp.edu.co

1. INTRODUCCIÓN

La norma técnica internacional NTC-ISO-IEC 17025 "REQUISITOS GENERALES DE COMPETENCIA DE LABORATORIOS DE ENSAYO Y CALIBRACIÓN", en el numeral "5.9 Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y calibración", expone lo siguiente: "El laboratorio debe tener procedimientos de control de calidad para hacer seguimiento de la validez de los ensayos y calibraciones llevadas a cabo. Se deben registrar los datos resultantes de forma tal que se detecten las tendencias y, donde sea práctico se deben aplicar técnicas estadísticas para la revisión de los resultados. Este seguimiento debe ser planeado y revisado y puede incluir, aunque no limitarse a lo siguiente:

a) uso regular de materiales de referencia certificados y/o control de calidad interno empleando materiales de referencia secundarios;
b) participación en la comparación interlaboratorio o programas de pruebas de aptitud;
c) repetición de ensayos o calibraciones empleando los mismos o diferentes métodos;
d) repetición de ensayos o calibraciones empleando los mismos o diferentes métodos;
e) correlación de resultados para diferentes características de un elemento".

Las comparaciones entre los laboratorios son necesarias para verificar y/o asegurar la "Equivalencia" entre los participantes. Por otra parte, los datos de las mediciones de los laboratorios participantes en la comparación proporcionan información acerca de la incertidumbre de cada uno de los métodos y procedimientos de medición utilizados y del desempeño o comportamiento de los patrones viajeros.
A continuación se describe el procedimiento seguido, su realización y los resultados obtenidos en la comparación interlaboratorio en las magnitudes de voltaje DC y corriente DC entre el Laboratorio de Metrología – Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira Vs el Laboratorio de Patronamiento de Equipo Eléctrico de la Universidad del Valle.

2. DEFINICIONES

Este procedimiento utiliza las definiciones metrológicas de conformidad con la NTC-2194, vocabulario de términos básicos y generales en metrología, GTC 51-1

Fecha de Recepción: 31 Enero de 2006
Fecha de Aceptación: 26 Abril de 2006

Ensayos de aptitud por comparaciones interlaboratorios. Parte 1: Desarrollo y Funcionamiento de programas de ensayos de aptitud

2.1 Comparaciones ínterlaboratorios. Organización, realización y evaluación de ensayos sobre el mismo elemento de ensayo o sobre elementos de ensayos similares, por dos o más laboratorios, de acuerdo con condiciones predeterminadas.

2.2 Laboratorio de referencia. Laboratorio que provee valores de referencia sobre un elemento de ensayo.

2.3 Patrón de Referencia. Patrón de laboratorio que generalmente posee la máxima calidad metrológica, a partir del cual se derivan las mediciones realizadas.

3. PROCEDIMIENTO

El laboratorio realiza anualmente esta actividad con el objeto de hacer el seguimiento respectivo de la validez de las calibraciones que lleva a cabo. La "Intercomparación de Laboratorio" se desarrolla junto con el ***"Laboratorio de Patronamiento de Equipo Eléctrico de la Universidad del Valle"*** ya que este implementa un sistema de calidad, de acuerdo con la norma técnica NTC-ISO 17025.

Las tareas a tener en cuenta para el desarrollo de esta actividad son las siguientes:

* Se acuerda con el ***"Laboratorio de Patronamiento de Equipo Eléctrico de la Universidad del Valle"*** la fecha de realización, se define el Laboratorio de Referencia y el Laboratorio confrontado de esta actividad, las especificaciones pertinentes del "Instrumento Viajero" y el Procedimiento de Calibración a utilizar.
Si el ***Laboratorio de referencia*** es el Laboratorio de Metrología de Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira, Se tienen en cuenta las siguientes actividades:

* Realizar Verificación al "Instrumento Viajero" (Equipo que pertenece al Laboratorio de referencia) de acuerdo con las "Pruebas de Funcionamiento" establecidas en la Hoja de Vida respectiva del Equipo.
Responsable: Jefe de Calibración UTP.
Nota. El "Instrumento Viajero" que se emplea en la Intercomparación de laboratorio debe estar en condiciones óptimas de funcionamiento.

* Calibrar el "Instrumento Viajero" (Equipo que pertenece al Laboratorio de referencia) en las instalaciones del Laboratorio de Metrología – Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica. Esta actividad se hace antes de desplazarse a las instalaciones del ***Laboratorio Confrontado***.
Responsable: Jefe de Calibración UTP.

* El personal del laboratorio se desplaza con el "Instrumento Viajero" a las instalaciones del ***Laboratorio Confrontado*** (***Laboratorio de Patronamiento de Equipo Eléctrico de la Universidad del Valle***).
Responsable: Jefe de Calibración UTP.

* Realizar la calibración respectiva del "Instrumento Viajero" en las instalaciones del Laboratorio Confrontado. Esta actividad la realiza el personal del ***Laboratorio Confrontado***.

* Hacer el Reporte de Comparación Interlaboratorio de acuerdo con los resultados de calibración obtenidos en cada laboratorio.
Responsable: Ingeniero de Pruebas UNIVALLE y el Jefe de Calibración UTP.

3.1 Análisis de Resultados. Para determinar el grado de consistencia (equivalencia) entre los resultados se obtienen los valores medios de cada laboratorio y las incertidumbres correspondientes a estos valores.
El grado de consistencia de los resultados del Laboratorio Confrontado con respecto a los valores del Laboratorio de Referencia se pueden determinara aplicando el criterio del Error normalizado que se calcula mediante la expresión:

$$E_n = \frac{Xlab - Xref}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}} \qquad (1)$$

Donde:
Xlab: es el valor medido en el laboratorio confrontado.
Xref: es el valor medido en el laboratorio de referencia.
Ulab: es la incertidumbre obtenida para el valor medido en el laboratorio confrontado.
Uref: es la incertidumbre obtenida para el valor medido en el laboratorio de referencia.
Finalmente, se establecen los criterios para evaluar la consistencia entre los resultados de los laboratorios, estos criterios están basados en la Guía Técnica colombiana GTC 55-1, como se muestra a continuación:

$|En| \le 1$ = Satisfactorio
$|En| > 1$ = No Satisfactorio

Responsable: Ingeniero de Pruebas UNIVALLE y Jefe de Calibración UTP.

3.2 Gráficos de la Intercomparación de Laboratorio. Los gráficos empleados en esta práctica muestran los valores obtenidos para cada laboratorio, así como los límites superior (LMS) e inferior (LMI).
Los valores de cada laboratorio muestran un rango de tolerancia que se refieren a las especificaciones de exactitud dadas por el fabricante de los equipos patrones confrontados.

Nota: Los detalles pertinentes de la figura 1 relacionados con la comparación interlaboratorio se

muestran en el respectivo Reporte de Comparación Interlaboratorio.

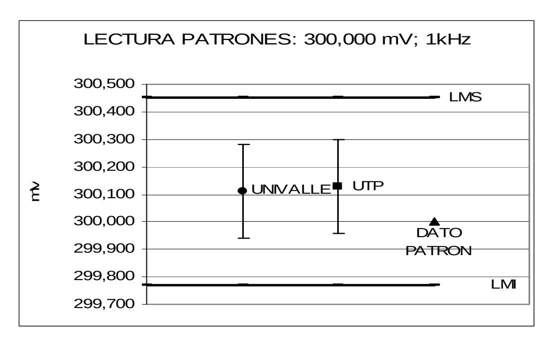


Figura 1. Gráfica de comparación interlaboratorio.

● UNIVALLE: es el valor obtenido en el Laboratorio de Patronamiento de Equipo Eléctrico de la Universidad del Valle (LPEE).

■ UTP: es el valor obtenido en el Laboratorio de Metrología - Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira (LME-UTP).

▲ DATO PATRON: es el valor ajustado en los patrones.
LMS , Límite superior: determina la lectura máxima tolerada que debió ser tomada por el laboratorio confrontado con respecto al de referencia, y está determinado por el error total de intercomparación.

LMI, Límite inferior: determina la lectura mínima tolerada que debió ser tomada por el laboratorio confrontado con respecto al de referencia, y está determinado por el error total de intercomparación.
Registro: Reporte de Comparación Interlaboratorio.
Responsable: Ingeniero de Pruebas UNIVALLE y el Jefe de Calibración UTP.

4. REALIZACIÓN

Para llevar a cabo esta actividad de intercomparación se estableció como ***Laboratorio de Referencia*** el Laboratorio de Metrología - Variables Eléctricas de la Universidad Tecnológica de Pereira (LME-UTP) y como ***Laboratorio Confrontado*** el Laboratorio de Patronamiento de Equipo Eléctrico de la Universidad del Valle (LPEE).

4.1 Instrumento utilizados. Los instrumentos empleados en la intercomparación fueron los siguientes:

Equipo	Número de serie
Calibrador FLUKE 5500 A **(Patrón de Referencia)**	6480011
Calibrador FLUKE 5500 A **(Patrón Confrontado)**	7485017
Multímetro digital Fluke 45 **(Instrumento Viajero)**	6629019

Tabla 1. Identificación de los equipos utilizados.

4.2 Condiciones Ambientales. Los valores obtenidos durante las pruebas de intercomparación en los laboratorios fueron las siguientes:

LME-UTP		LPEE	
Temperatura	22,5 °C	Temperatura	23 °C
Humedad relativa	51 %	Humedad relativa	53 %

Tabla 2. Registro de condiciones ambientales.

Según el manual de servicio del multímetro FLUKE 45, para su calibración se requiere una temperatura entre 18°C y 28°C y Humedad relativa menor del 70%. Debido a que las dos mediciones se realizaron dentro de las condiciones necesarias para el instrumento viajero, se considera que los resultados no son alterados por factores de humedad y temperatura.

4.3 Calendario.

Fecha	Lugar de calibración
2004-11-26	Laboratorio de Patronamiento de Equipo Eléctrico (UNIVALLE)
2004-11-18	Laboratorio de Variables Eléctricas (UTP)

Tabla 3. Fechas programadas para la realización de la intercomparación.

4.4 Procedimiento de Calibración empleado. Procedimiento descrito en el manual de servicio del Multímetro FLUKE 45, llamado PERFORMANCE TEST.

4.5 Información de Trazabilidad.

Laboratorio	*Equipo empleado*	*No. De serie*	*Certificado No.*	*Fecha de calibración*
Confrontado	FLUKE 5500A	6480011	11439	2003-07-10
Referencia	FLUKE 5500A	7485017	*****	2004-08-03

Tabla 4. Trazabilidad de los equipos empleados.

El calibrador patrón del laboratorio Confrontado tiene Trazabilidad a la división de Metrología de la Superintendecia de Industria y Comercio, cuyos equipos tienen Trazabilidad al CENAM de México y al PTB de Alemania. El calibrador patrón del laboratorio de Referencia tiene Trazabilidad a la FLUKE******

5. RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE LA INTERCOMPARACIÓN.

Durante la intercomparación de laboratorios, se obtuvieron los datos mostrados en la Tabla 5. A continuación se define el contenido de cada columna:

Columna No. 1; Rangos: Muestra los rangos y las unidades trabajadas.
Columna No. 2; E_n: muestra el valor calculado de En (según la ecuación 1).

Columna No. 3; Lectura UTP: Muestra las lecturas del Multímetro Fluke 45 en el laboratorio confrontado (UTP).
Columna No. 4; Lectura UNIVALLE: Muestra las lecturas del Multímetro Fluke 45 en el laboratorio de referencia (UNIVALLE)
Columna No. 5; UE UTP: es la incertidumbre calculada para los datos tomados en la UTP
Columna No. 6; UE UNIVALLE: es la incertidumbre calculada para los datos tomados en la UNIVALLE

Rangos	En	Lectura UTP	Lectura UNI-VALLE	UE UTP	UE UNI-VALLE
mV	mV	mV	mV	mV	mV
100	0	0,000	0,000	0,0034	0,0006
	0,396	90,004	89,999	0,0095	0,0071
1000	0,385	900,040	900,010	0,0570	0,053
300	0	0,000	0,000	0,0066	0,006
	0,375	300,010	299,997	0,0240	0,025
V	V	V	V	V	V
3	0,261	3,000	3,000	0,00019	0,00019
	-0,382	-3,000	-3,000	0,00018	0,00019
30	0,382	30,002	30,001	0,0018	0,0019
	-0,255	-30,002	-30,001	0,0018	0,0019
300	0,363	300,020	300,010	0,0200	0,019
	-0,242	-300,020	-300,013	0,02	0,019

Rangos	En	Lectura UTP	Lectura UNI-VALLE	UE UTP	UE UNI-VALLE
V	V	V	V	V	V
1000	0,400	1000,050	1000,000	0,096	0,08
	0	-1000,000	-1000,000	0,085	0,08
mA	mA	mA	mA	mA	mA
30	0,042	30,000	29,999	0,0037	0,0235
100	0	100,000	100,000	0,016	0,079
A	A	A	A	A	A
10	0,066	10,003	10,002	0,0072	0,0079

Tabla 5. Resumen de los resultados de los participantes.

5. GRÁFICOS DE INTERCOMPARACIÓN

En las gráficas que se anexan a continuación se muestra para cada valor (de acuerdo al PERFORMANCE TEST) de la intercomparación los valores obtenidos para ambos laboratorios, así como los límites superiores e inferiores, como se puede apreciar a continuación:

Gráficos de intercomparación
Voltaje DC

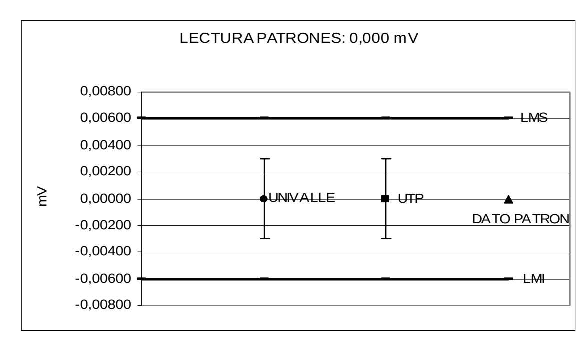


Figura 2. Gráfico de intercomparación, Rango = 100,0 mV.

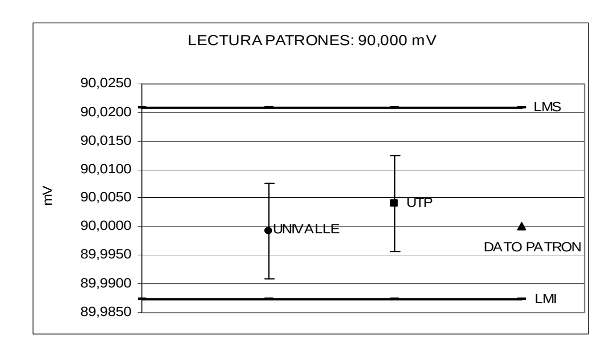


Figura 3. Gráfico de intercomparación, Rango = 100,0 mV.

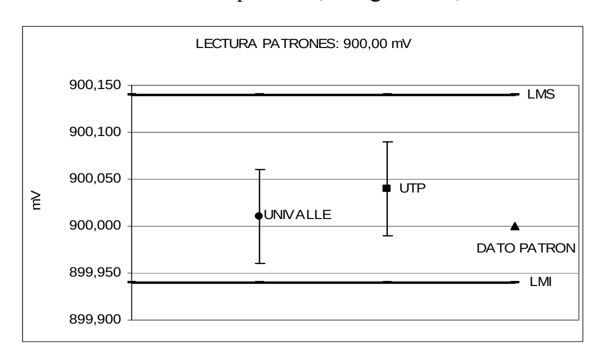


Figura 4. Gráfico de intercomparación, Rango = 1000,0 mV.

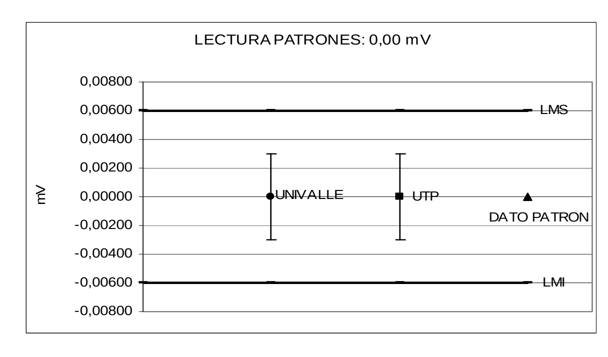


Figura 5. Gráfico de intercomparación, Rango = 300,0 mV.

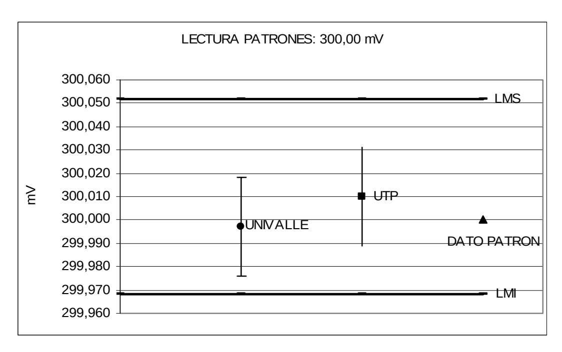


Figura 6. Gráfico de intercomparación, Rango = 300,0 mV.

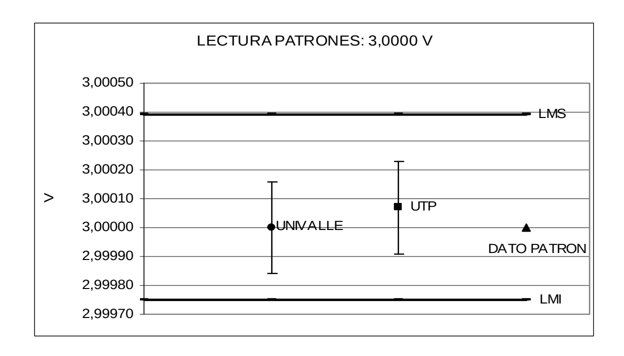


Figura 7. Gráfico de intercomparación, Rango = 3, 00 V.

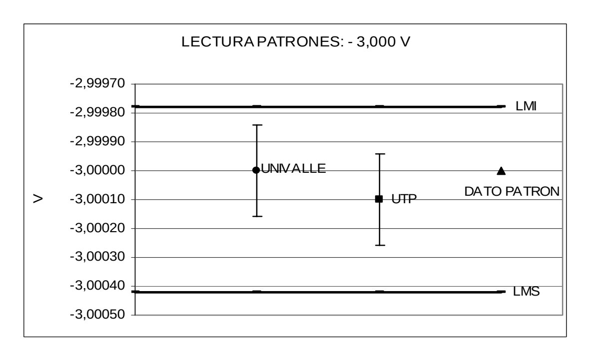


Figura 8. Gráfico de intercomparación, Rango = 3, 00 V.

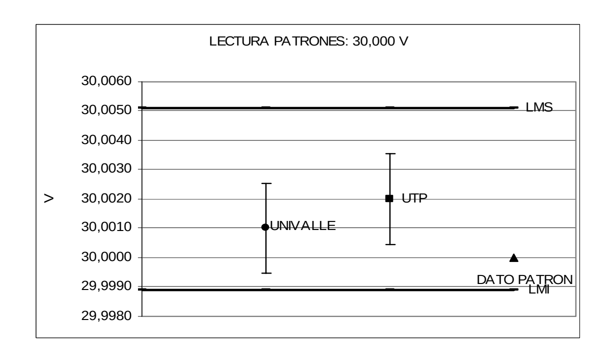


Figura 9. Gráfico de intercomparación, Rango = 30, 00 V.

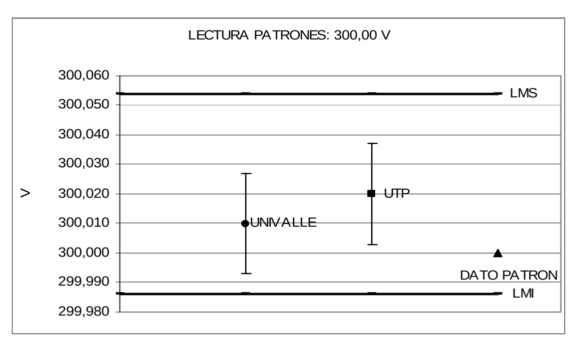


Figura 10. Gráfico de intercomparación, Rango = 300,0 V.

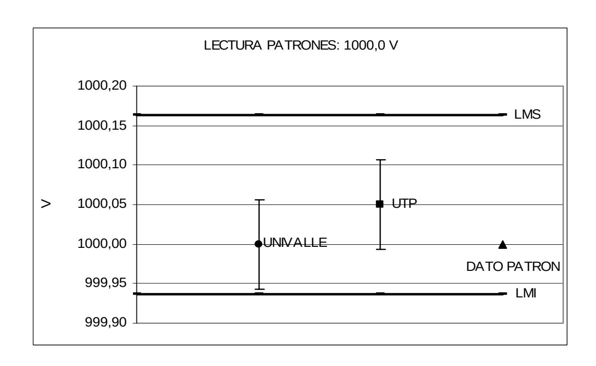


Figura 11. Gráfico de intercomparación, Rango = 1000,0 V.

CORRIENTE DC

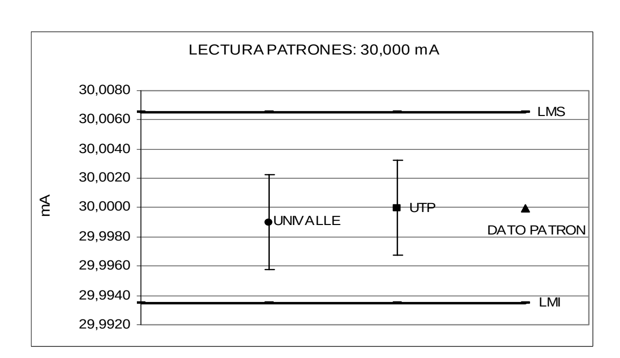


Figura 12. Gráfico de intercomparación, Rango = 30, 0 mA.

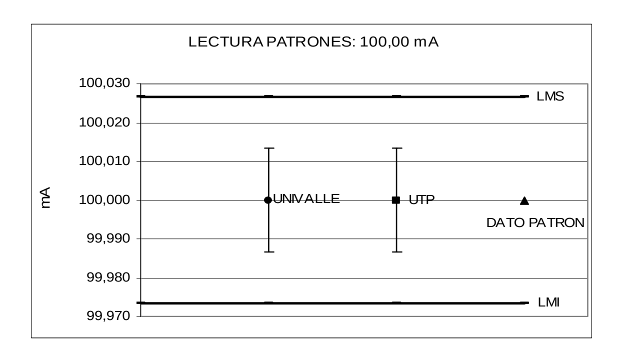


Figura 13. Gráfico de intercomparación, Rango = 100 mA.

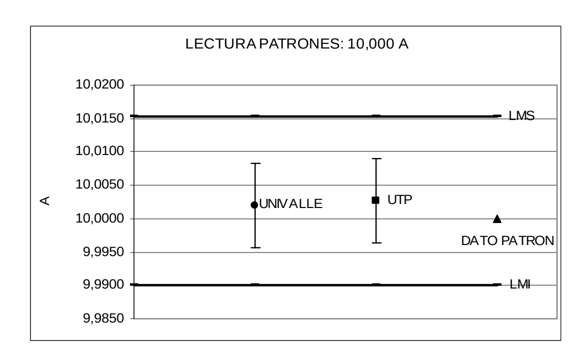


Figura 14. Gráfico de intercomparación, Rango = 10,0 A.

6. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se logró identificar que:

El resultado de la comparación interlaboratorios fue favorable ya que los resultados sobre el criterio de la desviación normalizada E_n cumplieron con el limite establecido (menor a la unidad).

El método empleado de medición fue el correcto y se confirma que las pruebas se realizaron según los lineamientos del manual del multímetro Fluke 45.

El instrumento viajero tuvo la estabilidad correcta para este trabajo.

En este trabajo se han presentado los resultados de la intercomparación correspondiente a voltaje DC y corriente DC pero además de estas pruebas se realizan intercomparaciones en las variables de voltaje AC, corriente AC, resistencia y frecuencia. La intercomparación de laboratorios es un procedimiento fundamental en lo que respecta al aseguramiento de la calidad de las mediciones y las calibraciones desarrolladas en los laboratorios.

7. BIBLIOGRAFIA

[7.1] Norma NTC-ISO-IEC 17025, "*REQUISITOS GENERALES DE COMPETENCIA DE ABORATORIOS DE CALIBRACION*".

[7.2] Guía Técnica Colombiana GTC 55-1, "Ensayos de aptitud por comparaciones ínterlaboratorios. Parte 1: Desarrollo y funcionamiento de programas de ensayos de aptitud"

[7.3] Pasantía en el laboratorio de patrones de corriente continua (Primera edición). Centro de Control de Calidad y Metrología CCCM. Santa Fe de Bogotá D. C. Colombia Mayo de 1998.

[7.4] Cálculo de incertidumbre en mediciones eléctricas. Centro nacional de Metrología. Los Cués, Qro., Mexico Julio de 1997.

[7.5] PASANTÍA EN METROLOGÍA ELÉCTRICA. Santiago de Cali: Grupo de investigación en alta tensión, "GRALTA", 2000.

[7.6] ERROR E INCERTIDUMBRE EN LAS MEDICIONES. Santafé de Bogotá D. C.: Superintendencia de Industria y Comercio, 2000.

[7.7] Manual de operación: Operator manual, Multiproduct Calibrator 5500 A.

[7.8] REPORTE DE COMPARACIÓN INTERLABORATORIO No 001-2004.

[7.9] ASPECTOS METROLÓGICOS FUNDAMENTALES PARA LA ACREDITACIÓN DE UN LABORATORIO DE PATRONAMIENTO ELÉCTRICO. Luis E. Llamosa R., Luis G. Meza C. Diana L. Rodríguez Q. Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, 2005.